

Stan warstwy wierzchniej wytwarzanego detalu jest jednym z najważniejszych parametrów inżynierskich. W wielu przypadkach odpowiada on za długość i jakość jego pracy oraz współpracę z innymi elementami. Istotnym parametrem warstwy wierzchniej, oprócz jej stanu struktury oraz rozkładu mikrotwardości, jest stan naprężeń własnych pozostałych po obróbkach wykańczających. Naprężenia własne to naprężenia, które pozostają w nieobciążonym zewnątrz materiale po zejściu różnego rodzaju procesów. Zarówno wielkość, jak i przestrzenny rozkład tych naprężeń odgrywają kluczową rolę w charakterystykach zmęczeniowych i wytrzymałościowych materiałów. Naprężenia własne dodają się do zewnętrznie przyłożonych obciążeń, co może być korzystne dla wytrzymałości lub prowadzić do destrukcji danego produktu. Na przykład, wytrzymałość mechaniczna warstwy powierzchniowej może być zwiększona poprzez wytworzenie ściskającego stanu naprężeń. Ten sam rodzaj naprężeń, podnosi odporność na pęknięcie i minimalizuje efekt odpajania powłoki. Przeciwnie, naprężenie rozciągające może zainicjować i przyspieszyć rozwój pęknięć lub spowodować zniszczenie powłoki.

Metody dyfrakcyjne są często używane do pomiaru odkształceń sprężystych sieci krystalicznej na podstawie przesunięcia pików dyfrakcji. W standardowym pomiarze naprężenia wyznaczone są na podstawie zmierzonych w różnych kierunkach względem próbki odległości międzyplaszczynowych. W metodzie tej zmienia się kierunek wektora rozpraszania (wzdłuż którego mierzona jest odległość międzyplaszczynowa) względem próbki i wyznacza się położenie pików dyfrakcyjnych dla jednego refleksu *hkl*. Jednak ta metoda nie jest zalecana do analizy stanów naprężeń zmieniających się w głąb próbki, ponieważ głębokość penetracji promieniowania rentgenowskiego zmienia się podczas pomiaru. Aby dokonać pomiaru naprężeń dla stałej głębokości zastosować można geometrię stałego kąta padania (w literaturze angielskiej używana jest nazwa: grazing incidence X-ray diffraction, w skrócie GIXD). Metoda ta umożliwia wykonywanie nieniszczących analizy naprężeń dla różnych głębokości (rzędu ułamków μm do kilkunastu lub nawet kilkudziesięciu μm). Metoda GIXD oparta jest na dyfrakcji niesymetrycznej stosowanej dla małego i stałego kąta padania (definiowanego jako kąt między wiązką padającą i powierzchnią próbki). W tym przypadku głębokość penetracji promieniowania rentgenowskiego zależy głównie od drogi wiązki padającej i niewiele zmienia się gdy zmieniamy orientację wiązki rozproszonej (stała jest więc objętość, z której pochodzi informacja o naprężeniach).

W projekcie odległości międzyplaszczynowe będą mierzone dla małego i stałego kąta padania oraz dla różnych refleksów *hkl* odpowiadającym różnym orientacjom wektora rozpraszania (metoda zwana MGIXD – multirefleksyjna dyfrakcja rentgenowska).

Do pomiarów wykorzystany będzie laboratoryjny dyfraktometr rentgenowski z lustrem Göbel (lub soczewką rentgenowską) w optyce wiązki światła padającego. Zakres stosowania tej metody będzie badany w celu określenia dokładności oraz możliwych głębokości dla których można mierzyć naprężenia. Zaletą naszej analizy jest to, że można określić zmienność parametru a_0 i co więcej stosunek c/a . W interpretacji wyników eksperymentalnych uwzględnimy naprężenia występujące w próbce. Należy podkreślić jednak, że takich charakterystyk strukturalnych nie można uzyskać, gdy pomiary są wykonywane tylko dla jednego refleksu *hkl*.

W projekcie badane będą następujące materiały : stal austenityczna, Ni, Cu, Al, Ti, Mg wraz z warstwami wykonanymi z : W, Cu, Ni, Ag, Au, Cr, Cu. Materiały te zostały wybrane ze względu na ich różnorodne właściwości oraz ich szerokie zastosowanie w przemyśle. Pomiary naprężeń w wyżej wymienionych materiałach z warstwami będą wykonywane podczas testów jednoosiowego rozciągania. W tym celu miniaturowa maszyna rozciągająca zostanie zainstalowana wewnątrz dyfraktometru. Próbka będzie podana działaniu jednoosiowej siły w zakresie elastycznym i przy kilku zadanych wartościach sił wykonywany będzie pomiar naprężeń w podłożu jak i warstwie. Jednocześnie inne własności (twardość oraz mikrostruktura) a także topografia (z wykorzystaniem profilometru i AFM) będą badane. Parametry procesu nakładania warstwy będą optymalizowane tak, aby otrzymać pożądane rozkłady zmienności naprężeń oraz mikrostruktury w badanych warstwach. Planowane jest także wytworzenie próbek o kontrolowanych naprężeniach reszkowych w warstwie. W tym celu zostanie przygotowana miniaturowa maszyna umożliwiająca zadanie wstępnego naprężenia podczas procesu napyłania. Wyniki pomiarów *in situ* będą także weryfikowane poprzez wykonanie obliczeń z wykorzystaniem metody elementów skończonych. Model MES zostanie wykonany na podstawie danych pochodzących z profilometru lub mikroskopu AFM. Analizowane będą naprężenia w materiale podłoża oraz naniesionej warstwy. Wyniki obliczeń MES zostaną skonfrontowane z danymi eksperymentalnymi.

Podsumowując, należy zauważyć, że zaletą metody MGIXD jest możliwość jednoczesnego pomiaru rozkładu naprężeń oraz wyznaczenie zmian parametrów strukturalnych a_0 i c/a oraz analiza profilu pików dyfrakcyjnych. Te ostatnie wyniki niemożliwe są do uzyskania innymi metodami, a są bardzo ważne i mogą być wykorzystane do optymalizacji właściwości warstw powierzchniowych i powłok.